

DISEÑO DE ETAPA DE ALIMENTACIÓN DE ANTENA PLANA CON GUÍA DE ONDA VIRTUAL.

PADILLA DE LA TORRE, PABLO
FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, JOSÉ-MANUEL
SIERRA CASTAÑER, MANUEL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

En la anterior edición de la URSI se presentó una estructura dieléctrica multicapa entre placas paralelas ("Tiras AMC-PEC-AMC en Guías de Onda de Placas Paralelas") con un comportamiento de guía de onda convencional (a dicha estructura la denominamos guía virtual). Unas tiras de material con comportamiento conductor magnético artificial (AMC) en sustitución de las paredes verticales permiten su funcionamiento como guía de onda. En este sentido, la complejidad de construcción de una guía de onda se reduce tremendamente, al requerir únicamente arquitectura plana. Como aplicación directa de esta estructura presentamos una antena consistente en un array de ranuras con esta estructura como etapa de alimentación. Para la obtención de las tiras con comportamiento magnético artificial, utilizamos arquitectura plana que supone la utilización de superficies (celdas) selectivas en frecuencia (FSS). Para la construcción de la guía virtual situamos una tira de cobre flanqueado por dos tiras de comportamiento AMC. En nuestro modelo, la tira metálica equivale a la cara horizontal de la guía de onda equivalente y las dos tiras de comportamiento AMC hacen las veces de paredes verticales. Para concluir la guía equivalente situaremos otra placa idéntica enfrentada a la anterior. En el artículo se procede a diseñar y simular dos prototipos de guía virtual, así como a medir la distribución de campo eléctrico en el interior de dos prototipos de guía virtual. Una vez validados los prototipos, procedemos a construir la antena de ranuras con uno de esos prototipos como etapa de alimentación, concluyendo con su medida en cámara anecoica.

DISEÑO DE ETAPA DE ALIMENTACIÓN DE ANTENA PLANA CON GUÍA DE ONDA VIRTUAL.

P. Padilla de la Torre, J.M. Fernández, M. Sierra-Castañer.

Ppadilla00@gr.ssr.upm.es, jmfdez@gr.ssr.upm.es, m.sierra.castaner@gr.ssr.upm.es .
Dpto. de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid.
Av. de la Complutense s/n, 28040, Madrid.

Abstract- The aim of this paper is to demonstrate that it is possible to perform a waveguide using parallel plates and metamaterials. The lack of lateral metallic walls is replaced by the effect of these metamaterials. We are going to develop a AMC-PEC-AMC structure. The advantage of this structure is due to the planar architecture.

In this paper, we are going to use the structure described as if it were the feeding part of a planar slot antenna, in order to demonstrate the chance of using this kind of structures in this kind of antennas.

I. INTRODUCCIÓN

En la anterior edición de la URSI se presentó una estructura dieléctrica multicapa entre placas paralelas ("Tiras AMC-PEC-AMC en Guías de Onda de Placas Paralelas") [2] con un comportamiento de guía de onda convencional (en adelante a la estructura la denominaremos guía virtual). El efecto de guía de onda se logra con la utilización de unas tiras de material con comportamiento de conductor magnético artificial (AMC) en sustitución de las paredes verticales. En este sentido, la complejidad de construcción de una guía de onda se reduce tremendamente, al requerir únicamente arquitectura plana. Como aplicación directa de esta estructura podemos señalar el desarrollo de la etapa de alimentación de una antena plana.

II. GUÍA VIRTUAL

Los conductores magnéticos artificiales presentan, entre otras, una característica muy concreta que los hacen especialmente útiles en nuestro diseño: Sobre un plano de material AMC el campo magnético tangencial al plano se anula ($H_t=0$).

Para la obtención de materiales con comportamiento magnético artificial, utilizaremos arquitectura plana que supone la utilización de superficies (en adelante celdas) selectivas en frecuencia (FSS). Nos centraremos en la estructura UC-EBG [3] (Uniplanar Compact EBG), que, como se muestra en la Figura 1, nos permitirá, mediante su repetición periódica, el obtener una tiras que en su superficie presenten un comportamiento AMC.

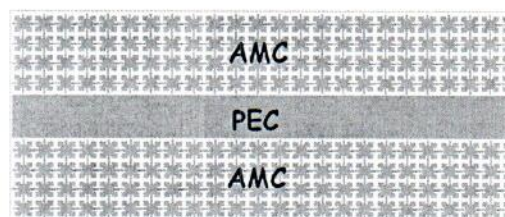


Fig. 1. Estructura AMC-PEC-AMC bajo estudio.

Como se puede observar en la figura anterior, situamos una tira de cobre flanqueado por dos tiras de comportamiento AMC. En nuestro modelo, la tira metálica equivale a la cara horizontal de la guía de onda equivalente y las dos tiras de comportamiento AMC hacen las veces de paredes verticales. Para concluir la guía equivalente situaremos otra placa como la de la figura 1 enfrentada a la anterior. La figura 2 muestra con claridad la equivalencia entre nuestro modelo y la guía equivalente. Para mayor detalle se puede consultar [1].

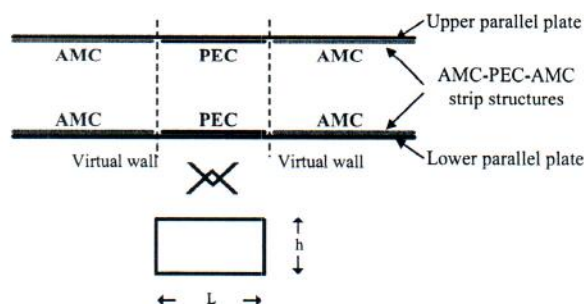


Fig. 2. Modelo equivalente de la estructura AMC-PEC-AMC.

Una vez así, procedimos a validar la estructura mediante software de simulación, tal y como se presentó en [2]. Con ánimo didáctico la figura 3 presenta la distribución de campo eléctrico de la estructura en un corte perpendicular a la dirección de propagación, para la frecuencia de funcionamiento (12.65 GHz) y para una distinta de la de funcionamiento.

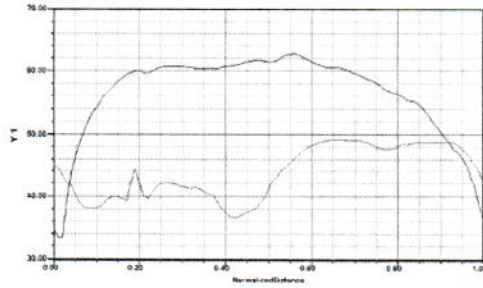


Fig. 3. Distribución de campo eléctrico en una sección de la estructura AMC-PEC-AMC real: 12.65GHz (azul); 12GHz (rojo).

La siguiente fase supuso la construcción de dos prototipos para analizar y corroborar los resultados obtenidos en simulación, como se muestra en la Figura 4.

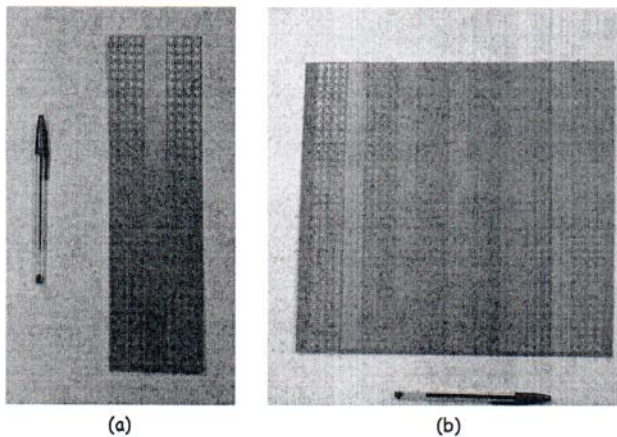


Fig. 4. (a) Prototipo estructura AMC-PEC-AMC. (b) Prototipo periódico de (a)

En [2] quedó claramente reflejado el comportamiento de la estructura 4.a. En las figuras 5, 6, 7 y 8 presentamos un extracto de las medidas de 4.a, de modo que podamos percibir mejor el comportamiento adecuado del prototipo 4.b, que será objeto de un análisis exhaustivo a la frecuencia de trabajo (12.65 GHz) en la figura 9 y 10.

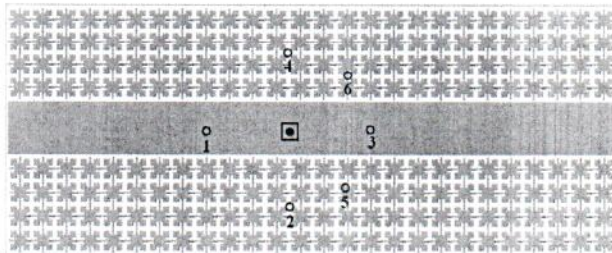


Fig. 5. Análisis estructura AMC-PEC-AMC con sonda coaxial.

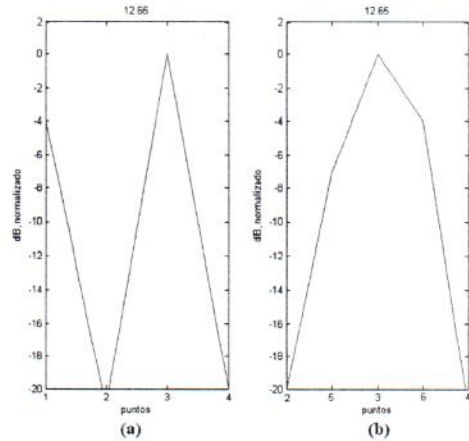


Fig. 6. Distribución de campo eléctrico (a) en los 4 puntos 'cardinales' (b) en semicircunferencia. 12.65GHz.

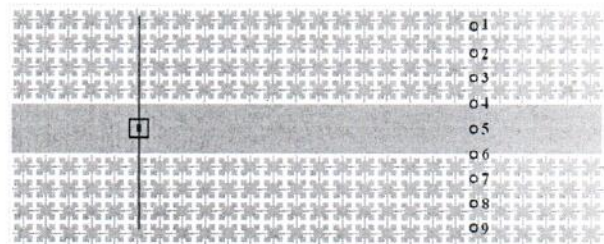


Fig. 7. Análisis estructura AMC-PEC-AMC con excitación uniforme.

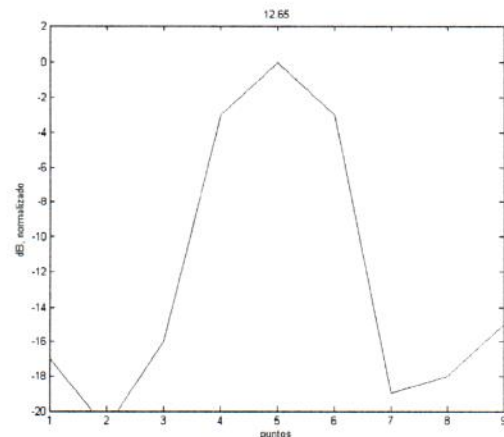


Fig. 8. Distribución del campo sobre una sección, con excitación uniforme.

Una vez así procedemos a evaluar el prototipo 4.b. La alimentación de la estructura se llevará a cabo mediante un array de ranuras en un extremo. Debido al reducido ancho de banda del array de ranuras, diseñamos y medimos para 12.65 GHz.

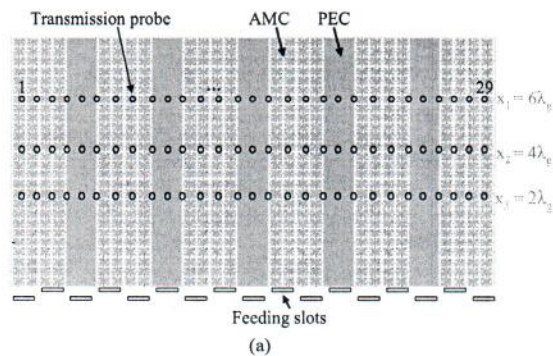


Fig. 9. (a) Esquema de medida del campo sobre una sección, con excitación de array de ranuras a 12.65 GHz. (b) Montaje en el momento de medida.

Y según esto analizamos la distribución de campo eléctrico, para distintas distancias de la excitación, como se observa en la figura 10.

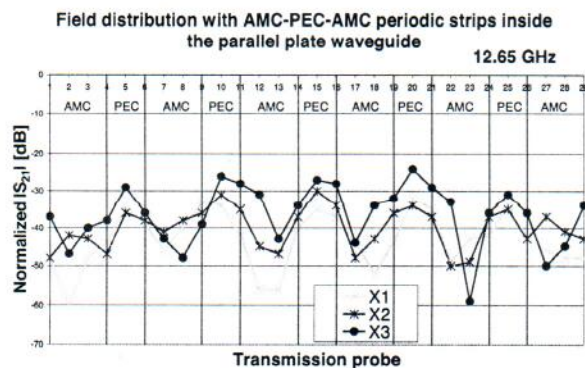


Fig. 10. Distribución de campo eléctrico para distintas secciones, con excitación de array de ranuras a 12.65 GHz.

III. DISEÑO DE LA ANTENA

Con el objetivo de validar los resultados que hemos obtenido en las medidas anteriores, procedemos a diseñar una antena plana sencilla en la que la guía de onda virtual sea la etapa de alimentación. Uno de los modelos más sencillos a nuestro alcance es el correspondiente a un array de ranuras excitado por la estructura de la figura 4.a, como se aprecia en la figura 11.

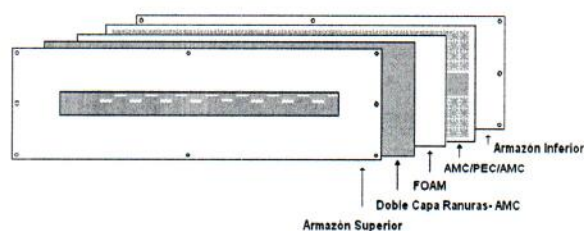


Figura 11- Esquema de montaje de la antena.

Para diseñar el array de ranuras que vamos a emplear es fundamental obtener el valor de la longitud de onda efectiva en el interior de la guía (λ_g). Para ello acudimos a los resultados de simulación del primer prototipo, como observamos en la figura 12.

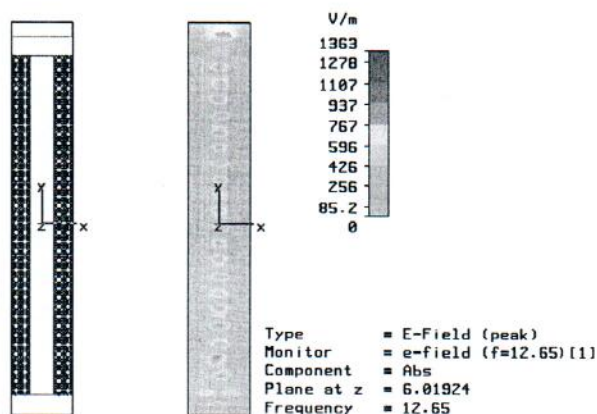


Fig. 12. Distribución de campo en el interior del prototipo para 12.65 GHz (simulación en CST).

De este modo, construimos y montamos la antena, tal cual se observa en la figura 13.

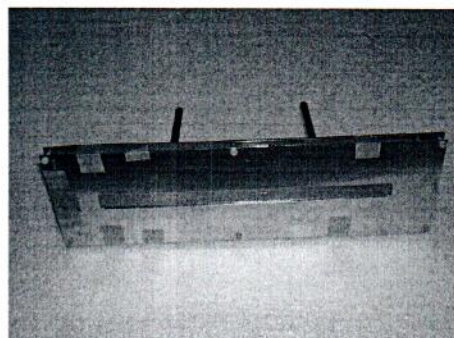
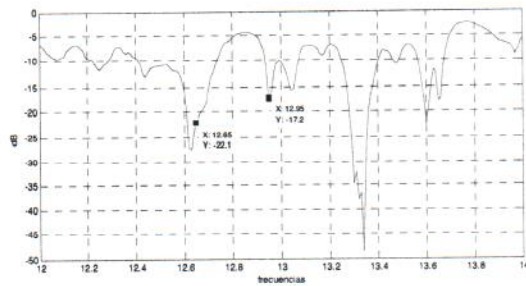


Fig. 13. Montaje de la antena.

Analizamos la adaptación de la sonda coaxial para la frecuencia de trabajo de 12.65 GHz. Como se muestra en la figura 14, a esa frecuencia de trabajo la adaptación es mejor de 20 dB.

Fig. 14. S_{11} para las dos frecuencias de trabajo, $\lambda_g=26.5\text{mm}$.

Y finalmente procedemos a medir en cámara anecoica los diagramas de radiación, para dicha frecuencia (Fig. 15 y 16).

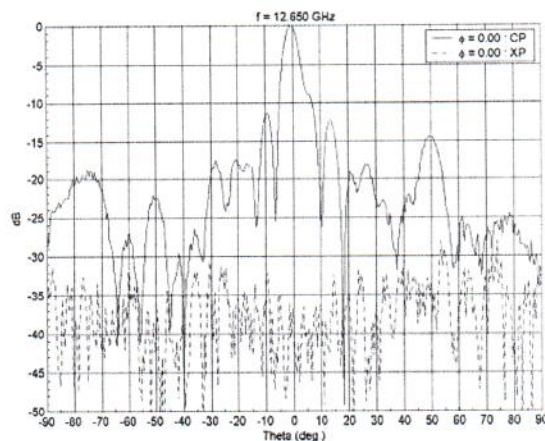


Fig. 15. Diagrama de radiación horizontal (array).

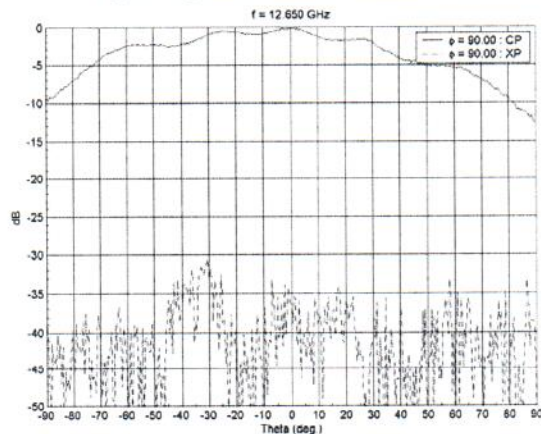


Fig. 16. Diagrama de radiación vertical (ranura).

Tal y como se observa, el diagrama del array apunta a 0° , lo que nos marca que el valor de λ_g fue escogido de modo conveniente. El diagrama de radiación de la antenna posee unas características mejorables, pero muestra el funcionamiento adecuado de la antenna alimentada con la guía virtual.

IV. CONCLUSIONES

Este trabajo trata de mostrar la posibilidad de aplicar la configuración una guía virtual (AMC-PEC-AMC en guías de

onda de placas paralelas) como etapa de alimentación de una antenna plana.

Los resultados obtenidos de diagrama de radiación corresponden a una antenna con el primer prototipo como etapa de alimentación.

Como trabajo futuro se nos presenta la posibilidad de diseñar un array de dos dimensiones (posiblemente array de parches) que utilice el prototipo de la figura 4.b.

AGRADECIMIENTOS

Todas las simulaciones necesarias para el presente trabajo han sido realizadas utilizando CST Microwave Studio 5.0 con licencia de cooperación entre CST y la Universidad Politécnica de Madrid. El sustrato NY utilizado en los prototipos fue amablemente cedido por NELTEC S.A.

REFERENCIAS

- [1] J.M. Fernández, P. Padilla de la Torre, M. Sierra Castañer. "Artificial Magnetic Conductors enhancing the wave propagation in Oversized Parallel Plate Waveguides for Planar Antenna Applications". Proceedings of the European Microwave Association (ProcEuMa). Marzo 2006.
- [2] P. Padilla de la Torre, J.M. Fernández, M. Sierra Castañer "Tiras AMC-PEC-AMC en Guías de Onda de Placas Paralelas". XX Symposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI) Septiembre 2005, Gandía, España.
- [3] Douglas J. Kern, Douglas H. Werner, A. Monorchio and L. Lanuzza. "The Design Synthesis of Multiband Artificial Magnetic Conductors Using High Impedance Frequency Selective surfaces". *IEEE trans. Antenas and Propagation*, vol. 53 no. 1, Jan. 2005.
- [4] A. Aminian, F. Yang, and Yahya Rahmat-Samii, "In-phase reflection and EM wave suppression characteristics of electromagnetic band gap ground planes," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Ohio, 2003.
- [5] S. Maci, Per-Simon Kildal. "Hard and Soft Surfaces Realized by FSS Printed on a Grounded Dielectric Slab" *IEEE*, 2004.
- [6] Y.J. Park, A. Herschlein and W. Wiesbeck. "A Photonic Bandgap (PBG) Structure for Guiding and Supressing Surface waves in millimeter-wave antennas". *IEEE Trans. Microwave Theory*, vol. 49 no. 10, Oct. 2001.
- [7] P.-S. Kildal, "Artificially soft and hard surfaces in electromagnetics," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 38, pp. 1537-1544, Oct. 1990
- [8] J. Anders "Properties of Waves Guided Between Parllel, Artificially Hard Surfaces". *IEEE*, 1993.

